

NOTAS SOBRE ILUMINACIÓN NATURAL
EN MUSEOS DE PINTURA

POR LUIS MOYA
ARQUITECTO

De la REVISTA ESPAÑOLA DE ARTE, núm. 3.
Septiembre, 1934.

1) BREVE RESUMEN HISTÓRICO.

EL problema de determinar la iluminación más conveniente en cantidad y calidad para obras de pintura, ha sido estudiado, de un modo más o menos científico, desde la segunda mitad del siglo XVIII. En este tiempo se planteó por primera vez la duda sobre si el sistema tradicional de luces laterales, más o menos altas, era el mejor para la exhibición de cuadros. Especialmente en Francia se estudió seriamente el problema con ocasión de la apertura al público de las colecciones de pintura conservadas en el Louvre para uso exclusivo de muy pocas personas. Desde luego el problema se concentró especialmente en la larga galería al borde del Sena, hasta entonces iluminada por ventanas en ambos lados, y bastante mal conservada. En ella estaban los famosos planos en relieve que ahora figuran en el Museo de los Inválidos, el Gabinete de Estampas y otros servicios.

Caso de conservar las ventanas, se encontraba el inconveniente de una extraordinaria pérdida de espacio en los muros, y además se condenaban todos los cuadros al contraluz. Soufflot, en 1778, proponía elevar un ático sobre las fachadas existentes, abriendo en él numerosas ventanas y suprimir en cambio las ventanas inferiores. Este sistema hubiera podido ser muy satisfactorio como se expondrá más adelante al tratar de estudios modernos efectuados sobre este sistema de iluminación. En 1779 el mismo Soufflot proponía una solución más económica,

abriendo las luces altas laterales por medio de guardillones en la cubierta existente.

Finalmente, en 1784, Renard propone un sistema de iluminación cenital tal como los que desde entonces se han venido realizando en todos los museos. Este proyecto suscitó, como es costumbre cuando se trata de una innovación, numerosas críticas, tales como la de que los cuadros no han sido pintados para ser iluminados desde lo alto, que una galería sin ventanas sería triste, etc. Pero en 1785 la Academia de Arquitectura se decide por la luz cenital, aunque conservando las ventanas por si se quiere hacer uso de ellas, con cuya solución de un pintoresco eclecticismo deja a salvo su responsabilidad. En 1789 se hace por fin el primer ensayo de luz cenital única en el Salón cuadrado. Y desde entonces el sistema de luz cenital se emplea en todos los museos y colecciones de pintura, pero construyendo siempre las cubiertas de un modo empírico, sin aplicar métodos racionales ni experimentales. Los numerosos inconvenientes, de diferente índole según los climas, que se han observado en este sencillo sistema, se han obviado en cada caso como mejor se ha podido, colocando toldos, pantallas de tela, cortinas, etcétera. De todos modos este sistema ofrece la importante ventaja de permitir la utilización de la sala en que se aplica para fines distintos de la exhibición de pinturas, pudiéndose colocar en ella esculturas, muebles o cualquier otra clase de objetos, indiferentemente; además la sala puede subdividirse a voluntad, quedando cada una de sus partes en las mismas condiciones de

luz que el conjunto. Ejemplos muy conocidos de este tipo de locales aplicables para cualquier uso son el Gran Palais de París, los dos edificios para exposiciones del Retiro en Madrid y el palacio de exposiciones que se construye en Munich en el lugar antes ocupado por el Palacio de Cristal, todos ellos con luz cenital.

En vista de los numerosos defectos que para exposición de pinturas ofrece este sistema, se estudia desde 1912 en Inglaterra un nuevo tipo de sala que resuelva de un modo racional la iluminación de pinturas, exclusivamente. Se trata de emplear la luz natural en la cantidad, dirección, color, etc., que mejor convenga a las pinturas, para lo cual se ilumina directamente cada muro por medio de un lucernario independiente.

También se ha ensayado, aunque con escaso éxito, el sistema de cubierta «en dientes de sierra», que tan frecuentemente se emplea en talleres.

Además se ha vuelto a estudiar científicamente el problema de la iluminación lateral, sea por medio de ventanas de tipo corriente, o sea con ventanales corridos en lo alto del muro.

En América se ha empleado el sistema de muros constituídos por un esqueleto de hormigón armado encuadrando cristales, lo que proporciona un muro enteramente translúcido; es un sistema adecuado para países del Norte, donde la luz suave y escasa debe ser aprovechada en el mayor grado posible.

Como puede apreciarse estos sistemas han sido casi en su totalidad concebidos para climas muy distintos del nuestro, tratando de aprovechar hasta el máximo posible una luz natural siempre escasa. No es éste el problema de la iluminación natural en Madrid, donde se dispone de luz abundante, dura y muy desigual.

En los procedimientos de iluminación antes mencionados sólo entra en juego la estructura del edificio. No son los únicos en la actualidad, pues se han ensayado en algunos museos americanos otros nuevos

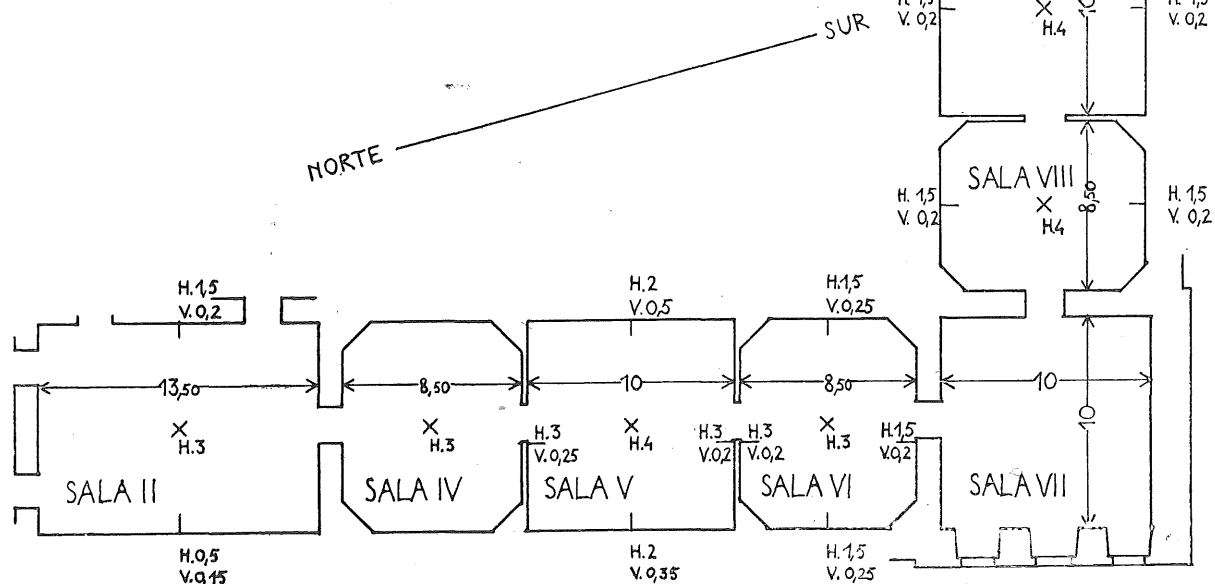


Fig 1

Technical drawing of a house plan. The drawing shows a cross-section of a house with a gabled roof. The roof is labeled "CUBIERTA DE CRISTAL" (Crystal Cover) and "PERSIANA" (Shutter). The main body of the house is labeled "CRISTAL" (Crystal) and "TELA" (Fabric). The dimensions are as follows: the width of the main body is 10; the width of the crystal cover is 6; the height of the crystal cover is 9; the height of the main body is 7; the height of the crystal cover is 17; and the height of the main body is 17. The drawing is labeled "A" at the bottom left, "B" at the bottom center, and "C" at the bottom right.

Diagrama de um telhado de vidro (CRISTAL) e uma tela (TELA) para proteção contra o vento.

[51]

5.º La iluminación de todas las paredes de una sala debe ser lo más parecida posible.

6.º La iluminación de la pared no debe ser rasante, pues en caso de serlo producirían sombra las pinceladas.

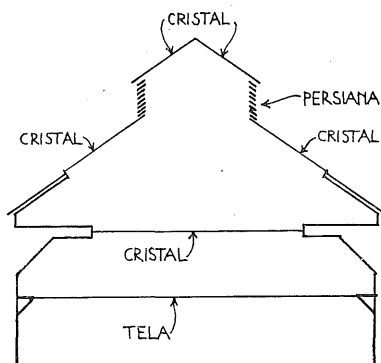


Fig. 4.

7.º La luz debe incidir sobre el cuadro con una dirección comprendida entre 45° y 70° , que es la más conveniente según los experimentos realizados por I. Rosenfield en Boston.

8.º Puede establecerse una relación entre la intensidad de la iluminación que debe recibir un cuadro y la del exterior en un momento de sol, medida esta última en una superficie horizontal expuesta a la luz de la mitad de la bóveda celeste (aunque no a la luz directa del sol). Podemos designar esta relación como «coeficiente de iluminación natural» (daylight factor). Experimentos efectuados en la *National Gallery* (Gallery XX) y en la *Tate Gallery*, Millbank (Sala VII, ala de Turner), ambas en Londres, permiten establecer para aquel clima el coeficiente 6 a 7 por 100 como aceptable. En Madrid han sido efectuadas, con destino a estas notas, observaciones análogas en los Museos del Prado y de Arte Moderno. Determinado el coeficiente en relación a la luz de un mediodía de agosto, resulta suficiente el comprendido entre el 1 y el 2 por 100, como se detallará más adelante al estudiar el tipo de salas con luz cenital.

Respecto de los cuadros iluminados con luz lateral, puede consignarse el dato de que «Las Meninas», en su colocación actual, recibe una luz variable desde el 4,15 por 100 en el borde

próximo a la ventana, hasta el 1,75 por 100 en el opuesto. El coeficiente 1 a 2 por 100 observado para Madrid debe aceptarse como un mínimo, pues es preciso tener en cuenta la disminución de luz en los meses de invierno, en que el sol se encuentra a poca altura sobre el horizonte y la disminución debida a las nubes, que se estudiará más adelante.

3) ESTUDIO DE LA ILUMINACIÓN EN EL TIPO CORRIENTE DE LA SALA PARA PINTURA CON LUZ CENITAL.

El estudio experimental de este tipo de salas, el más frecuentemente empleado en Museos, ha sido efectuado numerosas veces. El folleto antes citado del *Department of Scientific and Industrial Research* de Londres, expone los resultados de las medidas de la intensidad de la luz en diferentes puntos de la *Galleria XX* (*National Gallery*). Pueden apreciarse diferencias importantes de iluminación entre los diferentes puntos de una misma pared, llegando a ser en el centro aproximadamente el doble que en los extremos (en el centro, 7,4 por 100 y en los extremos, 3,8 por 100 para una longitud de pared de 13,80 metros).

Las observaciones efectuadas en el Museo de Arte Moderno, de Madrid, quedan resumidas en la figura 1. Como se ha explicado antes, estas

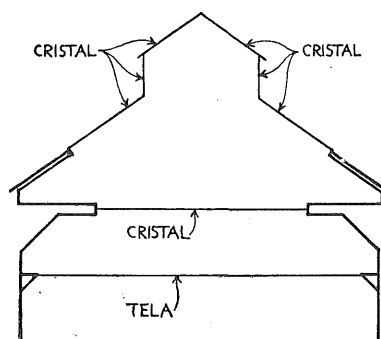


Fig. 5.

observaciones corresponden al mes de agosto y al mediodía. En esta figura las letras *H* y *V* designan los planos horizontal y vertical, respectivamente, sobre los que se ha medido la luz re-

cibida. Los planos verticales son siempre los muros de la sala, es decir, los mismos cuadros que en ellas están colocados y la observación

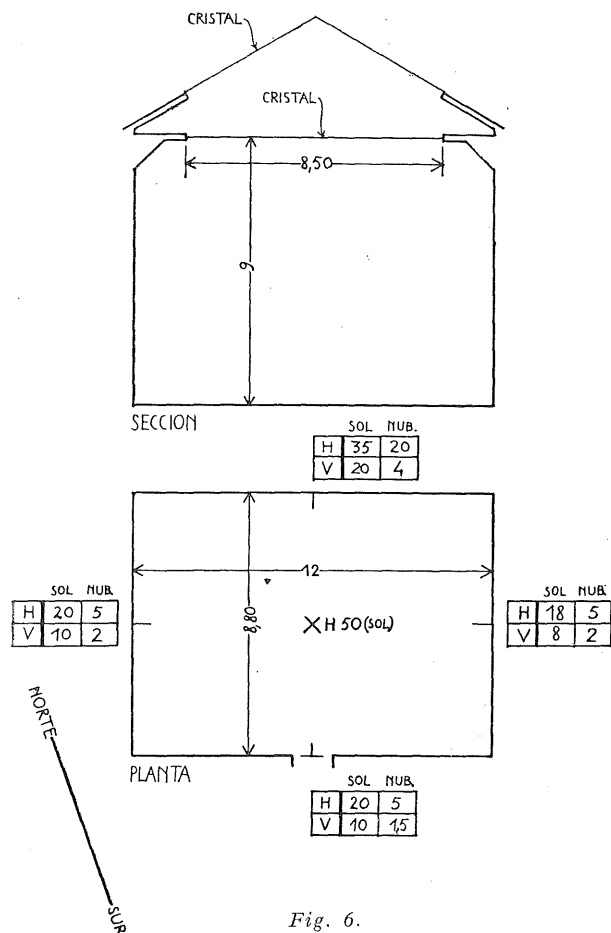


Fig. 6.

se ha efectuado a la altura de 1,70 metros sobre el suelo. Las medidas tomadas en plano horizontal en los centros de salas se refieren a la altura de 1,30 metros, y las tomadas en los lados a 1,70 metros, como puede apreciarse por la figura 2, en que los puntos de observación se designan A, B y C.

Los números que siguen a las letras H y V indican coeficientes de iluminación natural, o sea tanto por ciento de la luz exterior.

Tratemos ahora de interpretar estos resultados. En primer lugar puede observarse que la luz en el centro de cada sala es mucho mayor que en las paredes, quedando por tanto mejor iluminado el suelo o los espectadores que los cuadros. Además la luz recibida por superficies

horizontales es mayor que la recibida por las paredes en todos los casos. Se deduce de esto que lo peor iluminado de la sala es siempre el cuadro, consecuencia que coincide con los experimentos de Londres antes citados, efectuados sobre salas análogas a éstas. Esto produce un indudable cansancio de la vista por la necesidad para el visitante de concentrarla siempre sobre los puntos menos iluminados de la sala, y además numerosos reflejos producidos por todos los objetos, partes altas de la sala e incluso espectadores que, encontrándose mejor iluminados que los cuadros, producen reflejos en ellos.

Este defecto último se atenúa por no ser brillantes la mayor parte de los cuadros de este Museo, y porque el visitante elige instintivamente para contemplar cada cuadro el punto desde el cual no percibe reflejos.

Todas las salas tienen la misma sección, figura 2, con 10 metros de anchura y 9 de altura; poseen una pantalla horizontal de tela como indica la figura, y un lucernario horizontal de cristal deslustrado encima. Difieren entre sí en la forma de la cubierta superior, que corresponde a 4 tipos distintos, representados en las figuras 2, 3, 4 y 5.

La Sala IV tiene la cubierta indicada en la

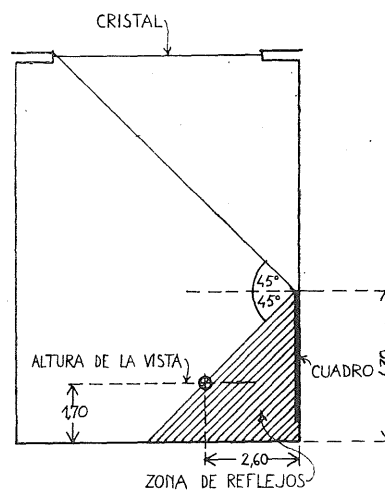


Fig. 7.

figura 3, y la VI, la de la figura 5. La mayor superficie de cristal de esta última se acusa en la iluminación de sus paredes, 0,25 y 0,20 por 100,

en tanto que en la IV la cantidad de luz ha sido tan escasa que no se ha recogido por el aparato empleado, un fotómetro de poca sensibilidad. La sala VIII es idéntica a éstas y su iluminación es 0,20 por 100, casi como en la VI, a pesar de

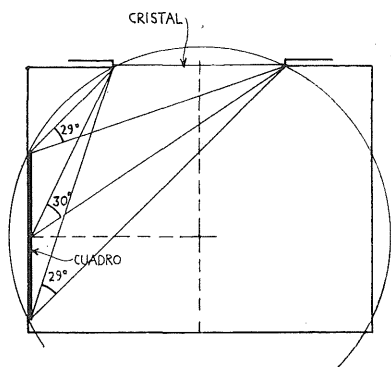


Fig. 8.

que su cubierta corresponde a la figura 2; pero estando la crujía en dirección casi perpendicular a la orientación Norte-Sur, el sol penetra con menos obstáculos que en la otra crujía, y esto compensa la desigualdad de las superficies de cristal. La sala X es igual a las anteriores, pero estando en la crujía mejor iluminada y teniendo la cubierta de la figura 3, alcanza una intensidad de 0,50 a 1 por 100.

La sala mejor iluminada es la XII, donde se alcanza una intensidad del 1,5 por 100 en el centro de los muros (que decrece hacia los ángulos de la sala hasta un 0,1 por 100), debido a la crujía en que está situada y a su cubierta del tipo de la figura 3. Las salas V y XIII presentan buena iluminación, la primera por su cubierta (fig. 4) y la segunda por estar en la crujía mejor iluminada, aunque su cubierta es la de la figura 2.

La sala II presenta escasa luz por estar en la crujía más desfavorable y por ser su cubierta del tipo de la figura 2, y en la sala XI apenas penetra luz por estar su lucernario horizontal pintado al temple.

Puede estudiarse también el efecto de las dimensiones de la sala en relación con la intensidad de la luz recibida por sus paredes. Siendo iguales todas las demás condiciones, resulta mejor

iluminada una sala grande que una pequeña, debido al mejor aprovechamiento de los rayos oblicuos, como puede apreciarse comparando las salas VIII y XII, que teniendo la misma cubierta (fig. 3), y estando situadas en la misma crujía, reciben la misma cantidad de luz en superficies horizontales situadas en sus centros, 7 por 100, pues éstas son iluminadas por los rayos verticales exclusivamente. Por la misma razón resultan también igualmente iluminadas superficies horizontales próximas a las paredes, y hasta en algún punto se presenta una ligera ventaja a favor de la sala pequeña (estas intensidades resultan ser de 3 a 4 por 100). Por el contrario, las superficies verticales de los muros resultan mejor iluminadas en la sala grande, pues se obtiene el 1,5 por 100 contra el 1 por 100 de la sala pequeña, debido al efecto de los rayos oblicuos.

La misma sala X ofrece un argumento favorable al empleo de chaflanes, pues con ellos se obtiene una mayor regularidad en la iluminación de las paredes, evitándose ángulos que quedan siempre oscuros, como puede apreciarse por los resultados de la sala XII, donde la intensidad decrece desde el 1,5 por 100 en el centro del muro hasta el 0,2 y 0,1 por 100 en los extremos.

El empleo del toldo o «velarium» evita por

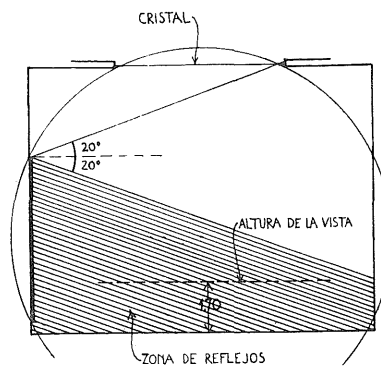


Fig. 9.

completo la diferencia de iluminación que se produciría en días de sol entre los distintos muros de una sala. El efecto del toldo puede apreciarse en la figura 1.^a, donde las paredes

expuestas al mediodía, reciben en casi todas las salas la misma intensidad de luz que las expuestas al Norte. Esta compensación tan favorable no se produce, desgraciadamente, sin una gran absorción de los rayos luminosos, como se observa comparando las intensidades obtenidas en las salas antes citadas del Museo de Arte Moderno con las observadas en otra sala del mismo edificio, el mismo día y a la misma hora (fig. 6). La iluminación horizontal en el centro de la sala resulta ser el 50 por 100, en tanto que la máxima en las salas con toldo es del 7 por 100.

Resulta de esto que el toldo absorbe el 43 por 100 de la luz exterior y que reduce la luz que llega a la zona útil de la sala en un 86 por 100.

Los inconvenientes de la sala sin toldo consisten, en primer lugar, en que presenta grandes diferencias de iluminación entre sus paredes en los momentos de sol; en los cuadros que acompañan a la figura 6 pueden apreciarse estas diferencias, que en las superficies verticales de los muros se acusan por coeficientes variables de 8 a 20 por 100. En segundo lugar existe el

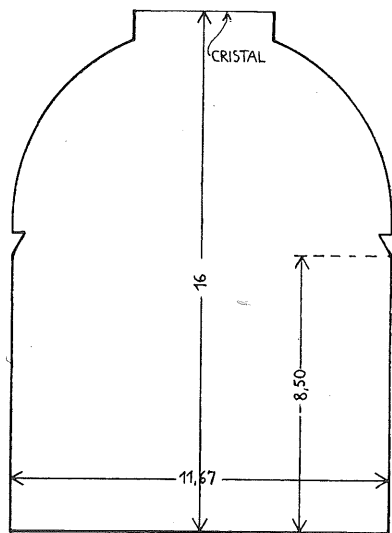


Fig. 10.

inconveniente del cambio total y repentino que experimenta la luz por el paso de una nube, cambio que existe no solamente en la intensi-

dad, sino también en el color. El cambio de intensidad se aprecia en los cuadros de la figura 6, donde vemos en las superficies verticales,

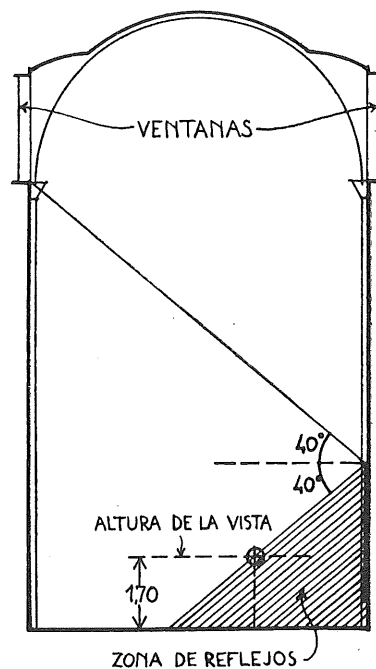


Fig. 11.

decrecer ésta de 20 a 4, de 8 a 2, de 10 a 1,5 y de 10 a 2, tendiendo al mismo tiempo, como es natural, a igualarse en las cuatro paredes. Resulta de esto que el paso de una nube absorbe por término medio un 80 por 100 de la luz útil de la sala. Este cambio no es tan brusco e intenso en salas con toldo, donde la importante absorción de éste anula en parte la producida por las nubes.

El cambio de color se comprueba fácilmente a simple vista observándose que al paso de una nube la luz se torna azulada. El análisis colorimétrico efectuado por el *Department of Scientific and Industrial Research* de Londres expresa claramente este cambio por la diferente proporción en que se encuentran los rayos rojos en la luz natural, proporción que varía desde un 26,8 por 100 en la luz emitida por el cielo azul, hasta el 37,7 en los rayos del sol poniente. Los rayos del sol de mediodía tienen un 33,3 por 100 de rayos rojos.

Respecto de la altura de la sala, ya se ha indi-

cado antes que cuanto mayor sea serán menores los reflejos, pues al incidir en la pintura el rayo luminoso casi vertical, produce un rayo reflejado también casi vertical y difícil, por tanto, de captar por el ojo del espectador (fig. 7), aunque siempre quedan los reflejos producidos por el propio espectador o por la pared opuesta de la sala. Por otra parte también se ha anotado el hecho de que, a igualdad de altura, las salas pequeñas son más oscuras que las grandes; es decir, que cuanto mayor sea la altura en proporción a la planta más oscura será la sala. Esto se comprueba midiendo la intensidad de la luz a diferentes alturas de una sala; se encuentra que para una intensidad de 1,5 por 100 a la altura de 1,70 metros sobre el suelo, corresponde la de 2,2 por 100 a 3 metros y de 5 por 100 a 5 metros de altura. Por tanto, se comprueba que las intensidades decrecen hacia abajo en razón inversa, aproximadamente, del cuadrado de sus distancias al lucernario, quedando mucho mejor iluminada la parte alta de la sala que la zona en que se colocan los cuadros. Y esto no puede evitarse aunque se apele a trazados como el de Tiede, figura 8 (expuesto por Hans Holzbauer, Berlín), por el cual quiere obtenerse una iluminación igual en toda la pared, inscribiendo la parte útil de ésta y el lucernario en un mismo círculo; esto proporciona casi la misma abertura del ángulo luminoso para todos los puntos del muro, pero no evita que las distan-

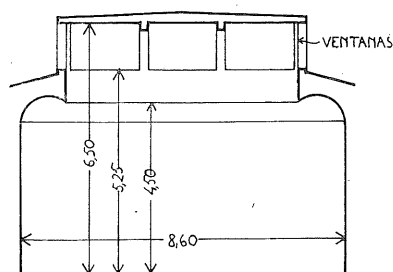


Fig. 12.

cias de éstos al lucernario sean muy diferentes y esto es causa de las diferencias expresadas en el párrafo anterior.

Además, tanto el sistema de Tiede como el análogo de Magnus, resultan abundantes en re-

flejos, como puede apreciarse en la figura 9, donde se encuentra que no existe ningún punto de la sala en que pueda contemplarse toda la parte útil de la pared sin reflejos.

En resumen, el sistema de iluminación cenital

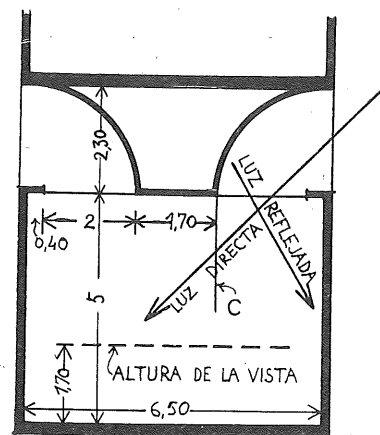


Fig. 13.

presenta inconvenientes graves difícilmente evitables, pues las condiciones a satisfacer determinan soluciones contradictorias. Además estos inconvenientes se agravan en el clima de Madrid. Se presenta en primer lugar el problema de las dimensiones de la sala: si la altura es grande se evitan los reflejos y se consigue una iluminación bastante constante en la altura de la parte de la pared en que se colocan los cuadros, pero la luz llega muy débil a éstos, como puede apreciarse en la sala de Goya del Museo del Prado y en las salas de luz cenital de la Pinacoteca de Munich, figura 10. En éstas la luz es francamente insuficiente durante la mayor parte del año; por el contrario, si la sala es de poca altura, la iluminación es intensa, pero desigual y con abundantes reflejos (sistemas de Tiede y Magnus). Un lucernario grande produce enormes diferencias de iluminación entre los distintos muros de una sala, a no ser que se coloque un «velarium» o un filtro de cristal difusor. El primer sistema absorbe la mayor parte de la luz que penetra en la sala, y el segundo es costosísimo. Un lucernario pequeño, sin tordo, produce también diferencias en la iluminación de las paredes, que pueden estudiarse

en la sala de Goya antes citada, donde se han medido las siguientes intensidades (rodeando la

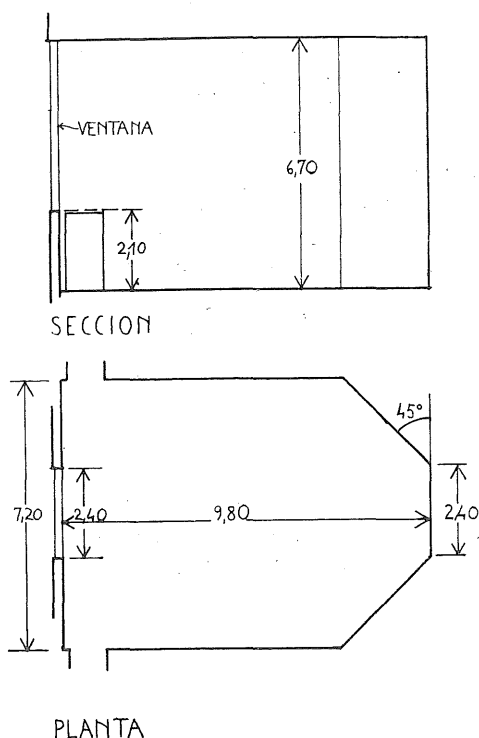


Fig. 14.

sala a partir de la puerta de la Galería Central, en sentido de las agujas del reloj):

1,1 — 2 — 1,2 — 0,5 — 0,4 — 0,1 — 0,4

Caso de colocar un toldo, resulta la luz escasa. El sol produce un problema análogo: sin toldo la diferencia es extraordinaria entre los muros opuestos (fig. 6), y con él se reduce la luz de modo extraordinario, llegando a ser insuficiente en invierno. Este problema del sol ha sido desdeñado frecuentemente al proyectar Museos, a pesar de su capital importancia en el clima de Madrid.

Otras consecuencias de carácter análogo podrían deducirse de lo anteriormente expuesto, reforzando con ello la conclusión de que el sistema es desfavorable, especialmente para nuestra latitud, conclusión a la que antes se había llegado en Inglaterra (estudios de S. Hurst Seager) y en Estados Unidos (estudios de Clarence S. Stein).

Finalmente, es preciso hacer notar respecto

de este sistema, que durante los días de nieve las salas quedan en completa oscuridad cuando la nieve en los lucernarios alcanza cierto espesor, y que al mismo tiempo ocurren inevitablemente goteras si en esos momentos funciona la calefacción en el edificio, pues se produce el derretimiento de la nieve en los espacios abiertos que quedan entre las filas sucesivas de cristales de la cubierta exterior. Ambos defectos pudieron ser observados en Madrid durante las nevadas que se produjeron al principio del año 1933.

4) SALAS PARA PINTURA CON LUZ LATERAL

Son varias las disposiciones que pueden presentar estas salas, disposiciones a clasificar en dos tipos principales:

- Sala grande con ventanales a gran altura.
- Sala pequeña iluminada por una sola ventana.

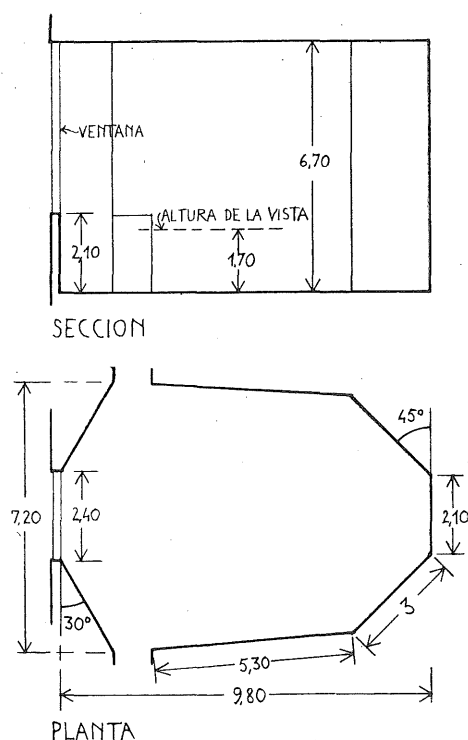


Fig. 15.

El primer tipo es, en definitiva, el de cualquier iglesia española. La experiencia demuestra que a veces se consigue una buena iluminación para

cuadros con este sistema, produciéndose escasos reflejos y sin que la luz directa del ventanal moleste a la vista; pero tales ventajas no se consiguen sin un enorme desperdicio en altura y en planta: en altura porque para que el

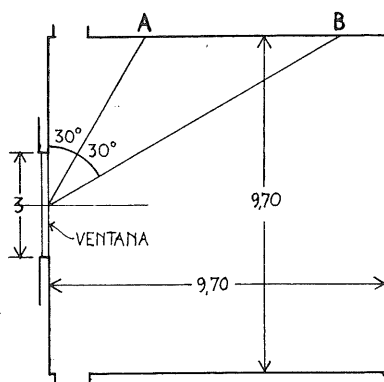


Fig. 16.

sistema produzca buen resultado en nuestra latitud es preciso que las ventanas queden a mucha altura sobre el cuadro (fig. 11), la suficiente para que la luz llegue a éste lo más igualada posible y con la suficiente verticalidad para evitar reflejos (son válidas a este respecto las observaciones anteriores para la luz cenital); esto obliga a una gran altura del local. En planta el desperdicio es también grande, pues la eficacia del sistema (siempre refiriéndonos a nuestra latitud) exige ventanas de escasa dimensión que iluminen solamente algunos puntos de la sala; si se aumenta el número y dimensión de aquéllas, los reflejos aumentan extraordinariamente, no pudiéndose además evitar eficazmente la entrada de los rayos solares en las ventanas no orientadas al norte de otro modo que mediante cortinas, sistema que requiere la atención constante del personal del Museo. De todos modos es preciso insistir en que el sistema exige que las ventanas queden a muy gran altura sobre los cuadros para que no se produzca un efecto de contraluz.

Este sistema es el que proponía Soufflot en 1778 al tratar de la reforma de la Galería del Louvre. En Estados Unidos se ha empleado en el Museo de Portland (Oregón), modificándolo en tal sentido que queda convertido en un sis-

tema de luz cenital desde el punto de vista de la iluminación de los cuadros (fig. 12), aunque presentando sobre aquél ventajas de orden constructivo y de facilidad de limpieza y conservación al sustituir las cubiertas de cristal por ventanales.

El sistema, en resumen, ofrece inconvenientes análogos al de luz cenital, siendo éstos igualmente difíciles de resolver, por determinar también soluciones contradictorias idénticas a las expresadas antes al tratar de aquel sistema.

Hay algunas variantes que modifican este procedimiento: una es la de disponer un solo muro con ventanas altas exponiendo los cuadros solamente en el opuesto, sistema que se estudiará más adelante. Otra es la propuesta por A. Lurçat y A. Michaut en su proyecto de Museo para Nancy (fig. 13), que persigue, como las anteriores, la posibilidad de superponer varias salas, disfrutando todas ellas de las mismas condiciones de luz. Los autores explican su sistema en esta forma: «La primera vidriera es de cristal claro, que deja pasar la totalidad de los rayos luminosos; la segunda, por el contrario, es de cristal opal especial de St. Gobain, que absorbe solamente el 8 por 100 de la luz. La superficie curva refleja el 86 por 100, en

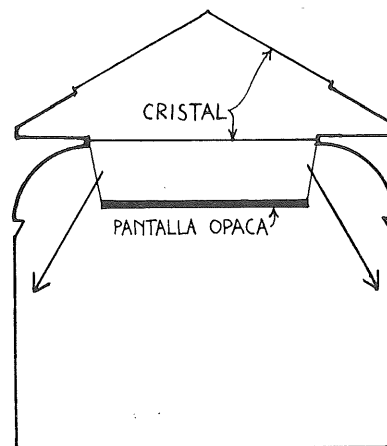


Fig. 17.

tanto que el yeso sólo refleja el 64 por 100. Por tanto la proporción de rayos luminosos que penetran en las salas será del 78 por 100 de los que iluminen la vidriera vertical». Pueden formular-

se algunas objeciones a este sistema: los cuadros reciben una luz reflejada que, en el momento de entrar en la sala, se cifra en un 78

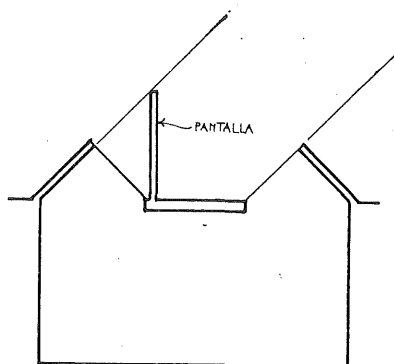


Fig. 18.

por 100; pero al mismo tiempo penetra una luz directa que sólo sufre la absorción del cristal opal, el 8 por 100, y penetra, por tanto, con una intensidad del 92 por 100, directamente dirigida al ojo del espectador. Y por la forma de la sala resulta imposible evitar esta luz directa mediante cortinas (C en la fig. 13), que por otra parte ofrecerían el más desagradable aspecto. Pero además, observando la sección de la sala se encuentra que los rayos luminosos que hieren la superficie reflectora proceden solamente de los 30° o 35° de la parte inferior de la bóveda celeste; es decir, de la parte en que se admite corrientemente que el poder luminoso es menor durante las horas centrales del día, en tanto que el espectador recibe la luz de la parte más alta y más luminosa del cielo.

En Madrid el problema se agravaría, además,

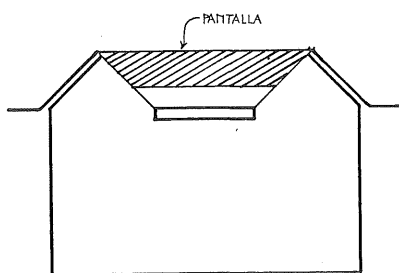


Fig. 19.

por los violentos contrastes de luz que se presentan siempre entre dos fachadas opuestas de un edificio, para cuyos contrastes no se prevé

en este sistema ningún medio de compensación.

El sistema de sala pequeña iluminada por una sola ventana, designado con el nombre de «gabinete alemán», es mucho más satisfactorio. En Dresde, Munich, Viena y Berlín ha sido empleado desde antiguo. Recientemente se efectuó un estudio experimental completo de este tipo de salas en el Museo de Bellas Artes de Boston. Con este objeto se construyeron varias salas de diferentes formas y dimensiones, y se midió en ellas la luz recibida por cada pared. El resultado más favorable se obtuvo con la sala representada en la figura 14, pues aunque otras salas dieron igualmente buenos resultados desde el punto de vista de la iluminación, sus formas eran raras y de difícil acoplamiento en una distribución. La sala de la figura 15 dió peor resultado, pero la forma de su planta faci-

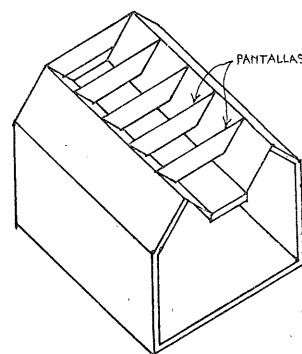


Fig. 20.

lita más que la de la figura 14 la distribución del Museo.

También se probó una sala cuadrada de 9,70 metros de lado, iluminada por una ventana de 3 metros de anchura (fig. 16). Las condiciones de luz resultaron malas en el muro de la ventana y en el opuesto, pero en los laterales se obtuvieron buenos resultados, sobre todo en la parte *AB*, comprendida entre los lados de un ángulo de 30° formado por rectas que determinan ángulos de 30° y 60° con el muro de la ventana. En Madrid el sistema de gabinete alemán produciría también excelentes resultados con tal que su ventana se orientase al Norte.

Otro sistema de luz lateral es el también ensayado en América de muros traslúcidos en

toda su extensión. Este sistema tiene especial aplicación en los casos en que se pretende hacer instalaciones ligeras y fácilmente transforma-

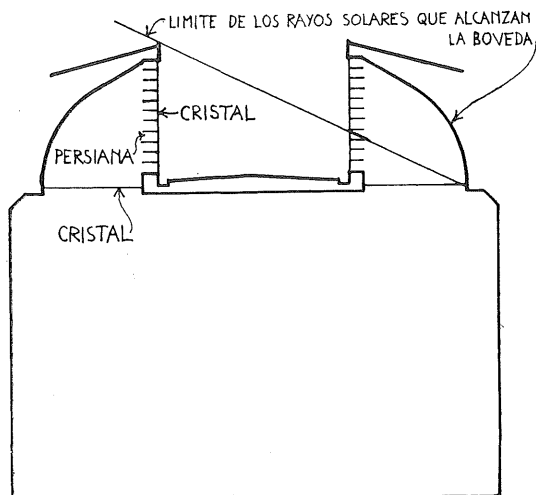


Fig. 21.

bles, como cuando se trata de un salón de exposiciones o de un Museo en pleno crecimiento. El sistema exige un doble muro: el exterior de cristal difusor, montado, a ser posible, sobre un esqueleto de hormigón armado, como se ha construido en el nuevo depósito de la Biblioteca Nacional Francesa en Versailles; y el interior, separado 60 centímetros de aquél y constituido por elementos fácilmente desmontables, como todo el resto de la distribución. Esta distribución se efectúa naturalmente a base del gabinete alemán repetido en distintas formas y dimensiones. Constituyen un modelo de este género de distribuciones los estudios efectuados por Clarence S. Stein para el Museo de la Universidad de Princeton.

Dirigiendo el muro translúcido al Norte, podrá emplearse perfectamente este sistema en nuestro clima.

5) SISTEMA SEAGER Y SUS DERIVADOS.

Los numerosos inconvenientes que presenta el sistema de iluminación cenital han obligado a reformas y modificaciones en las salas en que este sistema se emplea. En el Museo de Arte

Moderno de Madrid se han colocado toldos bajo los lucernarios con los efectos que se estudiaron anteriormente. En el Museo del Prado se ha colocado una gran pantalla opaca en el centro de la sala de Velázquez (fig. 17) con objeto de disminuir la luz que reciben los espectadores y el suelo. En Museos extranjeros suele emplearse el sistema de toldos verticales formando celdillas que no permiten entrar en la sala otra luz que la vertical; estos toldos se colocan en el desván situado entre la cubierta de cristal y el lucernario horizontal.

Tales sistemas son de difícil conservación, especialmente el primero y el último, en tanto que el segundo es de mal aspecto. Es indudable, sin embargo, que este sistema de pantalla central opaca constituye un tímido intento de iluminación dirigida que produce buenos resultados, aunque a costa del aspecto de la sala.

La solución moderna del problema ha sido iniciada por S. Hurst Seager con su galería de Wanganui (Nueva Zelandia), seguida por las grandes salas construidas en el *Fitzwilliam Museum*, de Cambridge, y por las nuevas construidas por D. Pedro Muguruza en la parte alta del Museo del Prado.

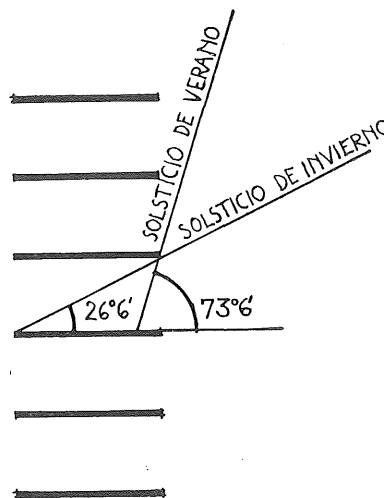


Fig. 22.—Los rayos solares de inclinación inferior a 26° 6' son interceptados por el muro opuesto. (Fig. 21).

El sistema ha sido experimentado en el *National Physical Laboratory*, de Londres, donde se construyó un modelo de 9,20 metros de longitud,

4 de anchura y 1,80 de altura, con la cubierta indicada en la figura 18. Se ha tenido en cuenta desde el primer momento el efecto del sol, a

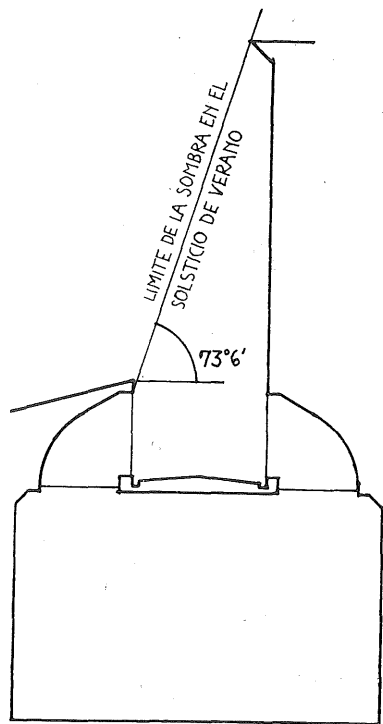


Fig. 23.

pesar de efectuarse el experimento en Londres, y con objeto de evitar la entrada directa de sus rayos se ha colocado una pantalla longitudinal cuando el modelo se ha orientado en la dirección Este-Oeste (fig. 18), y numerosas pantallas transversales cuando se ha colocado en dirección Norte-Sur (figs. 19 y 20). Estas pantallas se colocan a la intemperie y cumplen un doble objeto: evitan que los rayos del sol alcancen las pinturas y sirven de superficies reflectoras para aumentar la luz en el interior. En el modelo se emplearon pantallas pintadas de blanco sencillamente. En Madrid sería recomendable el empleo de chapados de azulejo blanco, ya que ningún revoco blanco resiste el efecto del polvo flotante en nuestra atmósfera.

La galería se colocó primero en la dirección Este-Oeste (fig. 18). Las condiciones meteorológicas influyeron poco, relativamente, en los resultados, pues las variaciones de la intensidad luminosa no pasaron de un 25 por 100 al com-

parar los resultados de un día de sol brillante con los de un día de niebla; esta variación de un 25 por 100 es insignificante para un Museo de Pintura, como se comprueba por los resultados antes anotados de medidas efectuadas en Madrid.

Variando la altura de la pantalla exterior, se observa que al aumentar aquélla tiende a igualarse la iluminación en la altura de las paredes interiores.

La iluminación del muro Norte resulta el 85 por 100 de la del muro Sur, debido a que éste posee la reflexión de la pantalla; pero moviendo ligeramente ésta hacia el Sur pueden igualarse ambas intensidades. Se observó también que la luz que reciben las pinturas depende en escaso grado del color de que se pinte la sala, ya sea un gris claro que refleje un 40 por 100, o sea un tierra, que sólo refleje el 18 por 100 de la luz que recibe. Por tanto se aconseja pintar de un tono oscuro que no refleje más del 7 por 100 el friso de la sala, pues se ha observado que la

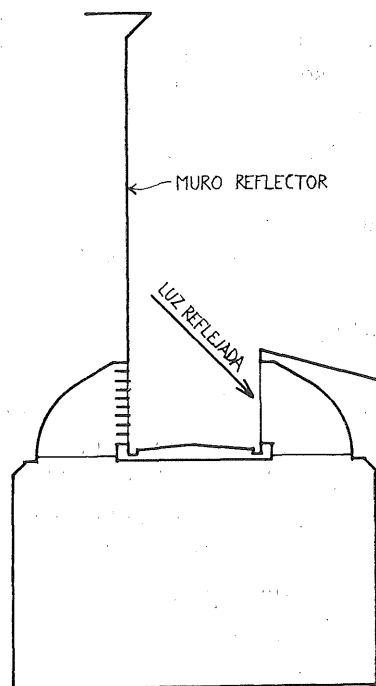


Fig. 24.

luz reflejada por esta parte ilumina a los espectadores y produce reflejos. La parte baja de los muros, o sea la zona en que se colocan los

cuadros, debe pintarse de un tono más claro, que refleje del 14 al 18 por 100.

La pantalla exterior debe tener una parte fija para todo tiempo, y otra parte adicional para verano, cuando los rayos del sol adquieren más verticalidad. Esta última condición puede realizarse fácilmente en la latitud de Londres, pero en la de Madrid exigiría una excesiva altura de pantalla para evitar que los rayos del sol penetrasen en la sala durante la época del solsticio de verano.

Al colocarse la galería en la dirección Norte-Sur resulta inútil la pantalla longitudinal para evitar la entrada del sol en la sala. La intensidad de la luz en las paredes no soleadas resultó como mínimo de un 12×100 , por lo que se vió la posibilidad de reducir bastante esta cifra si ello sirviese para evitar la entrada directa de los rayos solares. Por tanto se adoptó el sistema de pantallas verticales exteriores, colocadas transversalmente, como puede apreciarse en las figuras 19 y 20.

La intensidad se redujo con esto a la mitad en las paredes no soleadas, quedando un mínimo del 6 por 100, en tanto que en las opuestas el mínimo resultaba de 12 por 100.

Se ensayó también una inclinación de 30° en todos los tabiques transversales, con el resultado de que no se modificó la intensidad en las paredes sombreadas, pero sí en las opuestas, donde se redujo notablemente, por lo que puede estimarse esta solución como la más favorable. Inclinando los tabiques 45° se obtuvieron análogos resultados en la iluminación de los muros pero observándose alguna ventaja en la cuestión de los reflejos, pues se reduce aún más la iluminación de los objetos situados en el cen-

tro de la sala, que ya era solamente un tercio de la de los muros.

Expuestos brevemente los resultados de estos ensayos, cuyo detalle puede encontrar quien lo desee en el folleto del *Department of Scientific and Industrial Research*, de Londres, titulado, *The Natural Lighting of Picture Galleries (Technical Paper No. 6)*, tratemos ahora de aplicar estos datos a Madrid.

Se observa que la cantidad de luz admitida es en realidad excesiva para nuestra latitud, pues como se ha expuesto antes, un 2 por 100 es suficiente para iluminar un cuadro oscuro. Es pre-

ciso recordar las medidas antes expuestas efectuadas en distintas salas de los Museos de Arte Moderno y del Prado, a las que pueden agregarse las obtenidas en la sala de Rubens, de este último, donde la intensidad variaba de un 0,25 a un 0,15 por 100, y en la Galería Central (estimada generalmente como muy bien iluminada), don-

de la intensidad en el lado soleado variaba de 1,5 a 3,5 por 100, mientras que en el lado en sombra era de 0,75 a 1,5 por 100, siendo la luz de este lado más agradable que la del opuesto.

Por otra parte, en la latitud de Madrid, el sol alcanza una altura de $73^\circ 6'$ sobre el horizonte en el solsticio de verano, en tanto que en Londres sólo llega a $61^\circ 59'$. Esta diferencia de $11^\circ 7'$ en la altura del sol es suficiente para exigir unas pantallas de extraordinaria altura si se quiere evitar con este sistema que el sol penetre en los lucernarios. Estas dos consideraciones sugieren una modificación en el sistema Seager, que consistiría en colocar completamente verticales las superficies de iluminación y protegerlas del sol por medio de persianas, como indica la figura 21. Una sala de este tipo puede co-

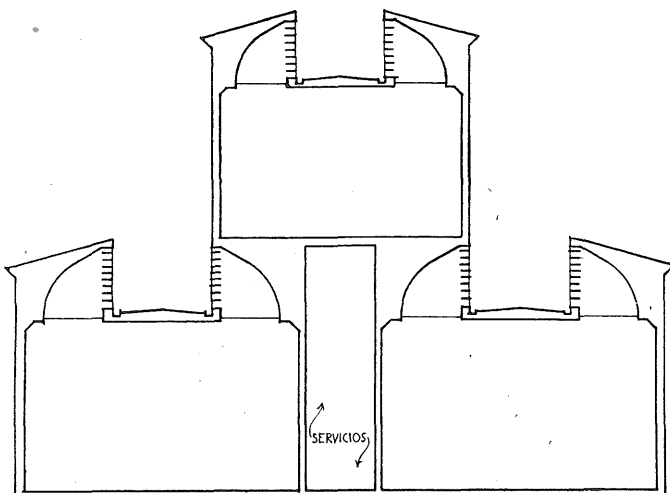


Fig. 25.

locarse, como la anterior, en dirección Este-Oeste o en dirección Norte-Sur.

Si se coloca en dirección Este-Oeste, encontramos que uno de los lucernarios estará orientado al Norte, y por tanto no requerirá persiana

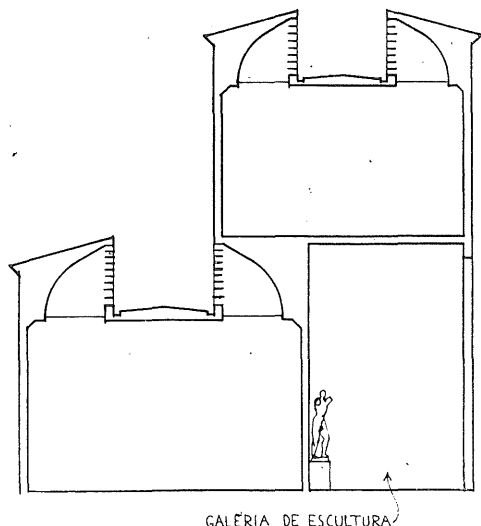


Fig. 26.

(pues sólo le alcanzarán los rayos del sol saliente y poniente durante algunos momentos en la época del solsticio de verano), mientras que el otro estará orientado al mediodía. Convendrá que la persiana del último esté constituida, como indica la figura, por un sistema de láminas horizontales, anchas y separadas; este sistema establece como resultado de su estructura una regulación de la luz admitida, pues permite a los rayos del sol acceder más o menos al interior de la persiana según esté más bajo o más alto; por consiguiente, el sol penetra más cuanto menor sea su altura y, por tanto, su intensidad luminosa (fig. 22). Las láminas de la persiana deben servir de superficies reflectoras para que ésto tenga eficacia, debiendo ser de metal pintado de blanco.

Puede también estudiarse el efecto producido por un muro exterior elevado a plomo sobre uno de los lucernarios (fig. 23). Si el muro se coloca sobre el lucernario que recibe luz norte, y es de suficiente altura, proyectará sombra sobre el otro, de manera que no sea necesaria la persiana en ninguno de los dos lucernarios

(fig. 23); en este caso el muro deberá ser de color blanco azulado, para que refleje sobre el lucernario opuesto una luz de composición colorimétrica análoga a la de la mitad norte del cielo.

Si el muro se coloca sobre el lucernario opuesto (fig. 24), constituirá una importante superficie reflectora, que deberá ser de un color blanco rosado que refleje una luz tan rica en rayos rojos como la directa del sol. Como en el lucernario expuesto a mediodía será preciso colocar persianas, éstas compensarán la diferente intensidad de la luz recibida por ambos lucernarios. Por tanto, los medios de que se dispone para igualar en intensidad y color la luz recibida por ambos muros de la sala son los siguientes: altura y color del muro reflector, coeficiente de reflexión de éste, dimensiones y color de la persiana del lucernario expuesto al mediodía y una posible persiana parcial en el otro lucernario.

Una ventaja de este sistema consiste en que la luz directa que reciben los cuadros procede de la parte alta del cielo, que posee la mayor intensidad luminosa, mientras que la que reciben los objetos situados en el centro de la sala es reflejada y procede además de la parte baja de la bóveda celeste.

Si la sala se coloca en dirección Norte-Sur, quedará un lucernario orientado al Este y el otro al Oeste. En estas condiciones no puede igualarse la luz en ambos muros de la sala sin apelar a medios externos, que pueden consistir, o en disponer tabiques transversales como los ensayados en Londres o en colocar sobre uno de los lucernarios un muro reflector construido de materiales que presenten un elevado coeficiente de reflexión, como se ha explicado antes al tratar de la orientación Este-Oeste de este tipo de salas. El primer sistema resultaría muy costoso en Madrid por la altura que requerirían los tabiques debido al curso del sol en esta latitud. Estos tabiques serían difíciles de conservar con la limpieza necesaria para que sirvieran de superficies reflectoras, a no ser que se revistiese de azulejo blanco; pero esto sería costoso de eje-

cutar por la gran superficie que desarrollan estos tabiques. Es mucho más económico el segundo sistema, tanto en su construcción como en su conservación, aunque requiere la colocación de persianas, como las explicadas anteriormente, en ambos lucernarios.

En resumen, si el eje de la sala se orienta en dirección Este-Oeste puede conseguirse igualdad de iluminación en ambas paredes colocando persianas en el lucernario expuesto al mediodía y dejando sin ellas el opuesto, sin que sea necesaria la existencia de un muro reflector; pero si el eje se orienta en dirección Norte-Sur, es necesario colocar persianas en ambos lucernarios, y no puede conseguirse la igualdad de iluminación sin construir un muro reflector sobre uno de los lucernarios (en todo lo expuesto, el término «igualdad de iluminación» indica solamente una semejanza, no una verdadera y estricta igualdad, imposible de lograr e innecesaria en un Museo, como se desprende de los datos precedentes).

La conveniencia de disponer muros reflectores encima de los lucernarios aconseja como solución económica distribuir el Museo en dos plantas, sirviendo los muros reflectores de las salas inferiores como fachadas de las del piso superior. De esto se deducen disposiciones como las representadas en las figuras 25, 26 y 27. Respecto del sistema de la figura 25 puede hacerse la objeción de que las dos crujías del piso inferior quedan en desiguales condiciones de iluminación, pues una de ellas recibirá el sol (con su efecto aumentado por el muro reflector), en tanto que la opuesta recibe la sombra del piso superior. Esto supone, desde luego, una diferencia de color y de cantidad en la luz recibida por ambas salas, pero en cambio, dentro de cada sala, la luz será lo más parecida en sus cuatro paredes. Es preciso hacer notar que al tratar de resolver el problema en condiciones económicas, se plantea este dilema: o las salas se encuentran todas en las mismas condiciones de iluminación, siendo éstas desfavorables puesto que las paredes de cada una reciben luz distinta en cantidad y color (sistema de luz cenital co-

rriente sin toldos), o las salas reciben cantidades desiguales de luz, pero dentro de cada una son iluminadas por igual (aproximadamente) sus cuatro paredes. La solución más conveniente es, sin duda, la segunda.

En la figura 27 aparece un tipo de sala que ha sido ensayado con éxito en Inglaterra. Este tipo ilumina del modo más perfecto posible la pintura, eliminando por completo los reflejos. Es algo costoso por no poderse aprovechar para colocación de cuadros más que un costado de la sala, aunque la menor anchura que determina este sistema reduce el desperdicio de espacio a un 30 por 100 en relación a un Museo corriente de salas con todas sus paredes útiles. Desde luego es el sistema mejor hasta ahora para iluminación de cuadros; éstos reciben una intensidad de luz siete veces mayor, aproximadamente que la recibida por los espectadores, y en las mejores condiciones de dirección. La sala más importante construida con este modelo es la Gallery XIII, National Gallery, Millbank (Londres), sobre la cual puede consultarse el folleto antes citado.

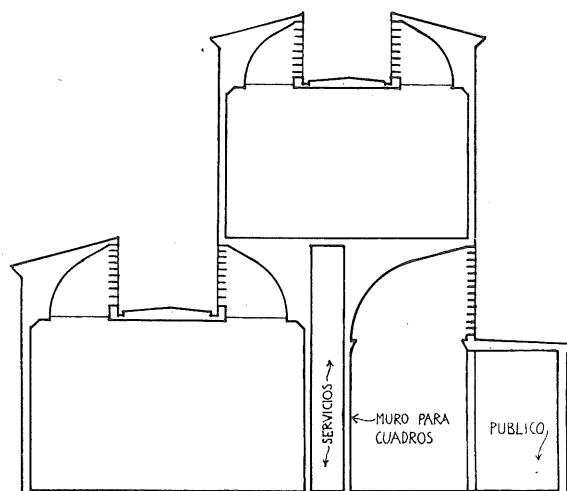


Fig. 27.

6) SUPRESIÓN DE REFLEJOS POR INCLINACIÓN DE LOS CUADROS.

Es conocido el procedimiento de evitar los reflejos en un cuadro inclinándolo; esto produce una disminución importante en la iluminación

del mismo, pues su intensidad es proporcional al coseno del ángulo que forma el haz de rayos luminosos con el cuadro. Este ángulo disminuye al inclinar el cuadro (en el caso de iluminación cenital o alta), y esta disminución se acusa más en el coseno del ángulo y por consiguiente en la intensidad de la luz recibida por el cuadro. En salas oscuras no es conveniente emplear este procedimiento, siendo preferible un cambio en el sistema de iluminación, adoptando alguna solución de las expuestas anteriormente.

7) ACCIÓN QUÍMICA DE LA LUZ NATURAL.

De los colores que componen el espectro solar, los que producen más efecto luminoso son los de la zona del rojo, en tanto que los de la zona del violeta poseen más energía química; estos últimos y especialmente el ultravioleta, son los que ocasionan el desvanecimiento y degradación de los colores. En los casos de pinturas y dibujos al temple, a la acuarela, etc., es particularmente necesario evitar la acción de los rayos violetas y ultravioletas, siendo un caso extremo de este tipo de precauciones las adoptadas en la sala de los cartones de Rafael, *Victoria and Albert Museum*, de Londres, donde mediante una cubierta de cristales verdes y anaranjados y un lucernario de cristal difusor, se consigue una eliminación completa de los rayos nocivos.

Para la conservación de los cuadros pintados al óleo, a la encáustica, etc., no es necesaria esta supresión de los rayos violetas y ultravioletas que se presentan en la luz blanca, sino que es sufi-

ciente impedir que los rayos del sol hieran los cuadros. Ha sido calculada, en efecto, la iluminación de un punto al que llegan los rayos del sol directamente como cien veces superior a la de un punto contiguo al que sólo llega su luz; puesto que la acción química de los rayos nocivos sigue análoga relación, se comprende que sea suficiente la precaución antes mencionada.

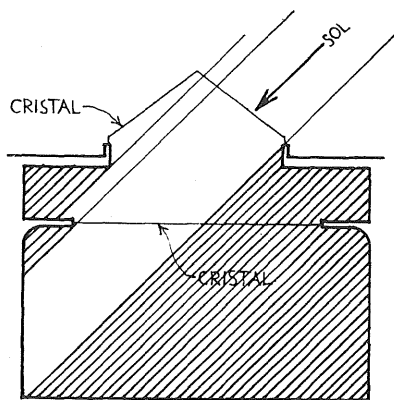


Fig. 28.

En el tipo corriente de sala con luz cenital no se evita que los rayos alcancen las pinturas (figura 28) sino es interponiendo al paso de aquéllos sustancias de gran poder absorbente como la lona en el caso de emplearse toldos o colocando cristales difusores en el lucernario. Respecto de los primeros, ya han sido explicados antes sus inconvenientes; en cuanto a los segundos resultan tan costosos que su instalación no ha sido intentada en ningún museo con carácter general.

Otro procedimiento que también se aconseja es la colocación de toldos verticales entre el lucernario y la cubierta de cristales; estos toldos se colocan formando celdillas, cuyas dimensiones se determinan por la inclinación de los rayos solares en el solsticio de verano. Siendo difícil la conservación y limpieza de los toldos, pueden construirse las celdillas de chapa de hierro pintada de blanco, o de otro material de análogas condiciones. En la latitud de Madrid, las celdillas deberán tener exagerada altura si se quiere evitar por completo el paso de los rayos del sol en el referido solsticio (que es la época en que su poder luminoso y químico es mayor), por lo que no es aconsejable este procedimiento para nuestros museos.